

Desarrollo de una metodología para la gestión de inventarios de flora

JOSÉ LUÍS OCHOA HERNÁNDEZ¹, JUAN GERARDO CANIZALES DESSENS², MARIO BARCELÓ VALENZUELA³

RESUMEN

Dentro de las características de los jardines zoológicos, se detectó que no se cuenta con un inventario de toda la flora, ni mucho menos de la que requiere más cuidados, de igual manera, no se conoce su correcta ubicación y/o distribución, lo que propicia un inadecuado control y mantenimiento de la misma. Para ello, se diseñó e implementó una metodología que guiará mediante un procedimiento adecuado, la definición, creación y uso de los inventarios para el Centro Ecológico de Sonora, el cual permitirá el manejo eficiente de sus recursos. Se analizaron y estudiaron diferentes autores con distintos procedimientos, se generó una propuesta que se pueda implementar en éste y en otros centros. Se debe de considerar que para este tipo de proyectos se requieren equipos de georreferenciación profesionales los cuales eviten el desfase de las coordenadas y una incorrecta ubicación de las especies. Como resultado, se obtuvo un inventario de muestra de la flora considerada por el centro como de interés y una herramienta tecnológica de apoyo, brindándoles acceso a información actualizada de las plantas registradas para el personal y los visitantes.

Palabras clave: Gestión de Inventarios, geoposicionamiento, Herramientas TI, Tecnologías Móviles, Mantenimiento de Flora

¹Dr. Nuevas Tecnologías de la Información y las comunicaciones, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, joseluis.ochoa@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5009-8913>.

²Ing. Mecatrónica, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, a213202820@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0003-4201-5301>.

³Dr. Nuevas Tecnologías de la Información y las comunicaciones, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, mario.barcelo@unison.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3560-087X>.

Autor de Correspondencia: Juan Gerardo Canizales Dessens, a213202820@unison.mx

Recibido: 16 / 04 / 2023

Aceptado: 03 / 11 / 2023

Publicado: 07 / 12 / 2023

Cómo citar este artículo:

Ochoa-Hernández, J. L., Canizales Dessens, J. G., & Barceló-Valenzuela, M. (2023). Desarrollo de una metodología para la gestión de inventarios de flora. EPISTEMUS, 17(35). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i35.312>

Development of a Methodology for the Management of Inventories of Flora

ABSTRACT

Within the characteristics of the zoological gardens, it was detected that there is no inventory of all the flora, much less those that require the most care, likewise, their correct location and/or distribution is not known, which leads to inadequate control and maintenance of it. To this end, a methodology was designed and implemented that will guide, through an appropriate procedure, the definition, creation and use of inventories for the Ecological Center of Sonora, which will allow the efficient management of its resources. Different authors were analyzed and studied with different procedures, a proposal that could be implemented in this and other centers was generated. It must be considered that it is required professional georeferencing equipment for this type of projects, which avoids the coordinates difference and the incorrect location of the species. As a result, a sample inventory of the flora considered by the center to be of interest and a supporting technological tool was obtained, providing access to updated information on the registered plants for staff and visitors.

Key words: Inventory Management, Geopositioning, IT Tools, Mobile Technologies, Flora Maintenance





Introducción

El cuidado de la flora en los jardines zoológicos ha evolucionado a lo largo del tiempo debido a la necesidad de que las especies vegetales estén disponibles el mayor tiempo posible, es por ello que se han buscado diferentes tipos de métodos, herramientas o técnicas para que los servicios de cuidado puedan continuar de manera eficiente, utilizando diferentes recursos y tareas periódicas, evitando desfases en su mantenimiento, logrando mantener los recursos naturales de la organización.

El manejo adecuado en un inventario de flora involucra una metodología de toma de decisiones y acciones en los diferentes niveles de la organización, es necesario implementar acciones que permitan en base a una buena gestión, controlar las actividades a determinar, con el fin de utilizar los recursos naturales de forma controlada y monitoreada como una opción validada de supervivencia aumentando el tiempo de vida de la flora.

El documento consta de seis secciones, en la primera se relaciona con el texto introductorio que explica al lector el objetivo de este trabajo. A continuación, se presenta el entorno de este estudio y se menciona cuáles han sido las problemáticas identificadas en esta organización. Además, se expone la estrategia de análisis donde se encuentran las bases teóricas que aclara conceptos referentes a la gestión de inventarios, base de datos, ubicación de flora, taxonomía, así como un conjunto de estrategias que hablan del manejo de datos extraídos de los GPS; así mismo, se muestra en la sección "Metodología" los pasos a seguir de forma clara por si se requiere replicar en otra organización. El apartado de "Implementación" se relaciona con la ejecución de la metodología en el caso concreto del CES incluido el funcionamiento de la herramienta tecnológica



que se implementó. Finalmente, en “Resultados y Conclusiones” se incluye una interpretación y una explicación de la relación entre los resultados y los objetivos buscados en la investigación.

OBJETIVO

El objetivo principal de esta investigación es proponer y poner en práctica una metodología para la gestión de inventarios, la cual fue puesta en funcionamiento en el centro recreativo estatal denominado Centro Ecológico de Sonora (CES) utilizando para este caso en particular, el apoyo de tecnologías móviles, la cual contempla mostrar información actualizada sobre la ubicación y/o distribución de la flora existente en el lugar, cuya información podrá ser representada de manera visual/virtual en un mapa. También se mostrará información prioritaria de cada una de las plantas dentro del CES e información complementaria como los nombres comunes, temporada de poda, época de cosecha de semilla, propiedades medicinales de cada una de estas, etc.

PROBLEMÁTICA

El CES cuenta con un recorrido establecido de 2.8 km en el que se pueden observar diferentes especies de flora y fauna, las cuales son mostradas al visitante mediante algunos puntos informativos que están distribuidos durante todo el recorrido; el trabajo ininterrumpido por más de 10 años se hace notar en los carteles los cuales se encuentran deteriorados por las inclemencias del tiempo.

De acuerdo con la entrevista realizada a la encargada del área de educación ambiental del CES, el mantenimiento a la flora existente ha sido parcial y escasa por falta de personal y recursos; desde 2014 se encuentran en esta situación, lo cual conlleva que menos visitantes acudan a este centro por su estado de deterioro cada vez más notorio. Se tiene conocimiento de que han muerto ya varias especies de flora debido que se les dio mayor prioridad a los animales.





El problema principal del CES es que no conocen la distribución de su flora a lo largo del recorrido ya que, con el objetivo de salvar la mayor cantidad de especies de un invernadero que no fue posible mantener, se plantaron gran cantidad de estas a lo largo del recorrido sin registrar ubicación ni cantidad; aunado a esto, no todo el personal reconoce las especies de flora. Por lo tanto, el mantenimiento es pobre y se otorga solo a aquella flora que está a simple vista y de fácil acceso. Aunado a esto, una de las metas sociales que persigue el CES y que no ha cumplido eficientemente es, promover y difundir la cultura del cuidado del medio ambiente.

Es importante mencionar que la ciudad de Hermosillo, Sonora se encuentra en una zona considerada como desértica y la temperatura promedio en los meses de verano es de 40°C, el resto de los meses rondan temperaturas de 20 – 40 grados [1].

ANÁLISIS

Considerando la problemática, se procedió a investigar algunos conceptos necesarios para poder resolverla adecuadamente.

Sistema de gestión de inventarios. Es aquel que está constituido por múltiples etapas que se entrelazan para lograr su objetivo; por ejemplo: recepción de materiales, registro de entradas y salidas de almacén, almacenamiento de materiales, distribución de materiales, elaboración de pronósticos, planificación de compras y análisis de demanda [2] bajo un enfoque tecnológico. En un enfoque biológico, los inventarios generan información sobre la presencia de especies en un área. Esta información es esencial para entender la estructura y función de las comunidades naturales de flora y los procesos que las afectan [3].



La implementación de estos sistemas ayuda a las organizaciones en la optimización de costos y a mejorar la eficiencia económica por lo que permite afrontar las fluctuaciones de la demanda; manteniendo los inventarios en óptimas condiciones, en el lugar indicado y en excelente estado resultando en un incremento en los niveles de servicio al cliente [4]. Otro aspecto importante de la gestión de inventarios es la optimización de los recursos, ya que ahorra esfuerzo y tiempo del personal [5].

Sistema de Base de datos. Es una colección de programas que se ejecutan en una computadora y ayudan al usuario a recopilar, cambiar, proteger y administrar información [6]. Dentro de estas existen sistemas de bases de datos relacionales (RDBMS o simplemente RDB), cuya estructura está formada por tablas en la cuales se almacenan los datos, este modelo beneficia la relación con otros conjuntos de datos almacenados. Hoy en día, la mayoría de las empresas utiliza esta estructura, a diferencia de un archivo plano o una estructura jerárquica. Así mismo la mayoría de los sistemas y aplicaciones de TI del mercado se basan en un DBMS relacional [7]. Las herramientas de gestión de base de datos usan diferentes lenguajes para acceder a estas, es posible predefinir el esquema de su base de datos en función de sus requisitos y establecer reglas para gobernar las relaciones de los datos entre sus campos [8].

Taxonomía vegetal. Es la ciencia que explora, describe, nombra y clasifica todos los organismos vivos. Esta es una de las primeras disciplinas científicas que surgieron hace miles de años. En los siglos XV-XVI, la taxonomía vegetal se benefició de las Grandes Navegaciones, la invención de la imprenta, la creación de jardines botánicos y el uso de la técnica de secado para preservar especímenes de plantas [9].





La taxonomía se centra en enfoques integradores de múltiples caracteres, considerando todas las fuentes de información potencialmente útiles proporcionadas por los diversos campos de la biología.

Los niveles anidados en una clasificación de organismos por lo general no solo se nombran, sino que se realiza una clasificación, es decir, se crea una jerarquía de clasificación que incluye un conjunto de términos como género, familia y clase, que refleja la estructura jerárquica. De esta manera, la clasificación completa es una jerarquía de nombres que denotan hipótesis sobre taxones. Después de completar una clasificación y seleccionar un número apropiado de taxones superiores para nombrar, es cuando son jerarquizados en clases, familias y géneros, y este sistema de categorías es bien conocido como la jerarquía de Linneo o las categorías de Linneo [10].

GPS. Es una tecnología de posicionamiento global de radionavegación basado en satélites para determinar una ubicación en la superficie terrestre con un alto grado de precisión, esto dependiendo de las condiciones del clima [11]. Se cuenta con una gran cantidad de esta tecnología, por ejemplo, las que son usadas en automóviles [12], para marcar la ruta a seguir y llegar a cierto destino, las que son usadas en teléfonos móviles inteligentes [13] y plasmar y compartir la ubicación en tiempo real y las que son usados de manera profesional [14]. Nos centraremos en los dispositivos móviles inteligentes y en algunos modelos profesionales.

RTK GNSS. El sistema global de navegación por satélite (GNSS) es un artefacto de posicionamiento, navegación y temporización (PNT) basado en satélites [15]. Después de la década de los 90, basado en tecnología de Navegación Cinética Satelital en Tiempo Real (RTK,



del inglés Real Time Kinematic) se convirtió en la técnica preferida en el mundo y que todavía se utiliza en varias aplicaciones como el monitoreo, sistemas de alerta temprana y mapeo e ingeniería de aplicativos. El GNSS proporciona varios métodos cinemáticos y de posprocesamiento de soluciones de posicionamiento. Se han utilizado diferentes métodos GNSS cinemáticos en tiempo real para determinar la posición de cualquier punto del globo. El método GNSS diferencial se ha utilizado desde 1980, aunque más bien para aplicaciones de navegación [16].

Los sistemas GNSS pueden ofrecer mediciones precisas y rápidas de puntos en un amplio entorno ya que pueden proporcionar una precisión cercana a los 10 cm–20 cm y, con el uso adecuado y alguna forma de datos de corrección, pueden proporcionar una alta precisión cercana (1 – 2 cm horizontal y 3 – 4 cm vertical) en sus coordenadas. Sin embargo, todos los sistemas GNSS, tienen ciertas limitaciones notables, por ejemplo, para ser más eficaces, se necesita un cielo despejado para que las señales de los satélites no sean bloqueadas o atenuadas por obstáculos intermedios [17].

Trimble R4. Es una herramienta que utiliza el sistema global de navegación por satélite (GNSS) y que utiliza configuraciones RTK, la cual pretende dar una solución ideal para topógrafos que necesitan el uso de la tecnología GPS probada, simple de usar y que dé resultados en las condiciones más difíciles y exigentes, es capaz de georreferenciar datos y registrarlos dentro de su sistema. Sus operaciones GNSS son tan buenas como su fuente de corrección es una herramienta ligera, conveniente y sin cables la cual es una solución fácil de usar que proporciona todo lo que se necesita para ejecutar proyectos topográficos básicos en condiciones exigentes. [18].





Figura 1. Herramienta Trimble R4 utilizada para la recolección de ubicaciones de la flora.

Fuente: Sistema GNSS Trimble R4, (2020) [18].

Google My Maps con GPS. Es una aplicación basada en la web en la que se pueden crear mapas personalizados agregando las ubicaciones favoritas y se pueden utilizar para la navegación y otros fines sobre la marcha. Esta aplicación por sí sola no ofrece mucha utilidad de investigación, pero cuando se combina con los GPS, tiene varios beneficios [11], ser una herramienta fácil de utilizar y ofrece la capacidad de hacer acercamientos o alejamientos para mostrar el mapa, ofrece bastante información adicional sobre gran parte de los lugares del mundo, muestra rutas para llegar a diferentes sitios desde alguna ubicación actual y es posible imprimir, enviar o enlazar los mapas, por lo que este tipo de herramienta es capaz de aprovechar el GPS de los teléfonos inteligentes y permitir a los usuarios de la aplicación ser guiados por diferentes trayectos por la geolocalización de la flora en colaboración con un mapa en línea [19].

Google Earth con GPS. Google Earth Engine (GEE) es una plataforma de computación en la nube diseñada para almacenar y procesar grandes conjuntos de datos convirtiéndola en un gestor de base de datos para el análisis y la toma de decisiones. Su base de datos incluye información de satélites, así como conjuntos de datos vectoriales basados en Sistemas de Información Geográfica (GIS), modelos sociales, demográficos, meteorológicos, digitales de elevación y capas de datos climáticos, además permite a los usuarios encontrar diversas ubicaciones como calles, avenidas, negocios y ampliarlas así de una manera muy realista y detallada. La forma de moverse por la herramienta en la pantalla es fácil y sencilla, con cuadros de mando simples y manejables sin mucho conocimiento previo. Esta herramienta puede ser combinada con el uso de un GPS para el mapeo de áreas y creación de inventarios al alimentarla con datos de interés y exportarlos para ser utilizados en otras herramientas que posteriormente plasmen estos datos de manera compartida en diferentes dispositivos móviles inteligentes [20].

Dispositivos móviles con GPS. Los GPS se empezaron a utilizar al crear los “servicios basados en ubicación”, los cuales permitieron a los celulares inteligentes acceder a datos espaciales personalizados en tiempo real por medio de redes informáticas [21]. Los dispositivos modernos cuentan con receptores para estas señales y normalmente de un sistema GPS asistido [22]. Esta herramienta se maneja de forma combinada con la red de telefonía móvil y las señales satelitales para determinar las ubicaciones de manera rápida, lo que evita el tiempo de adquisición que requieren los GPS tradicionales antes de poder dar una ubicación [23], pero desafortunadamente carece de precisión [24 - 26]. El uso de las señales de torres de telefonía, claramente, solo funciona en lugares con cobertura radiofónica. Cuando las capacidades de generación de datos de los dispositivos inteligentes se combinan con los GPS, puede obtenerse información





georreferenciada, con la cual, es posible crear mapas de muchos factores ambientales como podrían ser los de la flora de una región concreta.

Otro enfoque es el uso de sistemas de aumento basados en satélites (SBAS), que envían datos de corrección a través de estos, se necesitan al menos alrededor de 10 satélites para que la ubicación sea precisa, además, si las condiciones climatológicas no son las correctas como podrían ser los nublados, terrenos montañosos, entornos realistas que incluyen edificios y bosques cercanos generalmente conducen a desviaciones significativas y saltos repentinos en el posicionamiento GPS desplazando la ubicación hasta 10 metros [27 - 28].

Como se ha mencionado con el uso de un GPS, Internet y la cámara integrada de un teléfono inteligente es posible etiquetar geográficamente una planta de manera aproximada (por las características comentadas anteriormente). Una vez la foto es tomada, ésta es verificada y la imagen es etiquetada geográficamente con sus detalles (longitud, latitud, fecha de captura, píxeles, tamaño de la imagen, etc.) estos pueden ser almacenados en un sistema de depósito en línea de plantas. Los usuarios de la aplicación pueden consultar las listas de plantas existentes que desean explorar y ubicar en el mapa mediante el mapeo de ubicación geográfica [19].

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada fue creada a partir del análisis de diversos trabajos, se estudiaron y se eligieron los mejores elementos de las propuestas estudiadas, con el objetivo de integrar o concentrar en una sola lo mejor de cada una de estas.

Pacheco y Ávila [29], muestran la serie de pasos a seguir para el levantamiento de ubicaciones de plantas en un parque y el desarrollo de un sistema web para la gestión de áreas verdes, con



el fin de cartografiar los elementos existentes en los parques y controlar las actividades de poda y mantenimiento de estas áreas logrando optimizar los recursos y mejorar la planificación de la ejecución del mismo.

Para la recolección de datos, se consideró la metodología de Fajardo-Gutiérrez [30], en donde la información de las plantas es recolectada de la consulta de herbarios y compilación de diferentes registros botánicos y portales Web, obteniendo un insumo fundamental para el desarrollo de las revisiones taxonómicas de la flora e incentivando la participación de investigadores en la generación de conocimiento en taxonomía, ecología, etnobotánica, fisiología, conservación, propagación, genética y evolución de las plantas.

Ávila González y González Gallegos [31] mencionan que las especies endémicas, al ser pertenecientes a solo una delimitada zona geográfica (Poblaciones más reducidas) tienen mayor vulnerabilidad de ser amenazadas, es por ello por lo que elaboran un listado plasmando las diferentes familias y especies de plantas, así como su categoría de protección como una clave importante para su preservación; las plantas en el listado se ordenaron por grupos. Dentro de cada uno de los grupos se siguió una secuencia alfabética para las familias, géneros, especies y taxones específicos. Para cada taxón se proporcionó la forma biológica (hábito, hábitat). También se señalan las especies nuevas, endémicas al área y los registros nuevos y así logrando una información completa y detallada de las plantas.

El planteamiento de Mesquita [32] fue elemental para elegir qué tipo de plantas considerar en el inventario propuesto, el cual muestra ciertos parámetros a tomar en cuenta en la recolección de plantas de interés, obteniendo la mayor información importante posible sin dejar sesgo en la





recolección de datos, pues en este estudio se utilizan incursiones de campo para investigar las especies más abundantes del área y estas fueron posteriormente identificadas por personal especializado del Herbario USON perteneciente a la Universidad de Sonora, asimismo, se utiliza un dispositivo GPS especializado para mapear los especímenes vegetales. Debido a la gran diversidad de especies vegetales esparcidas en el área, se escogieron las especies más grandes y abundantes encontradas. En el estudio los criterios de inclusión fueron: ser una de las plantas de las 20 familias más abundantes.

La metodología propuesta (figura 2) consta de cinco fases: 1) Análisis de datos existentes; 2) Elaboración de esquema de datos; 3) Diseño de la metodología de gestión de datos; 4) Implementación de metodología y por último 5) Evaluación.



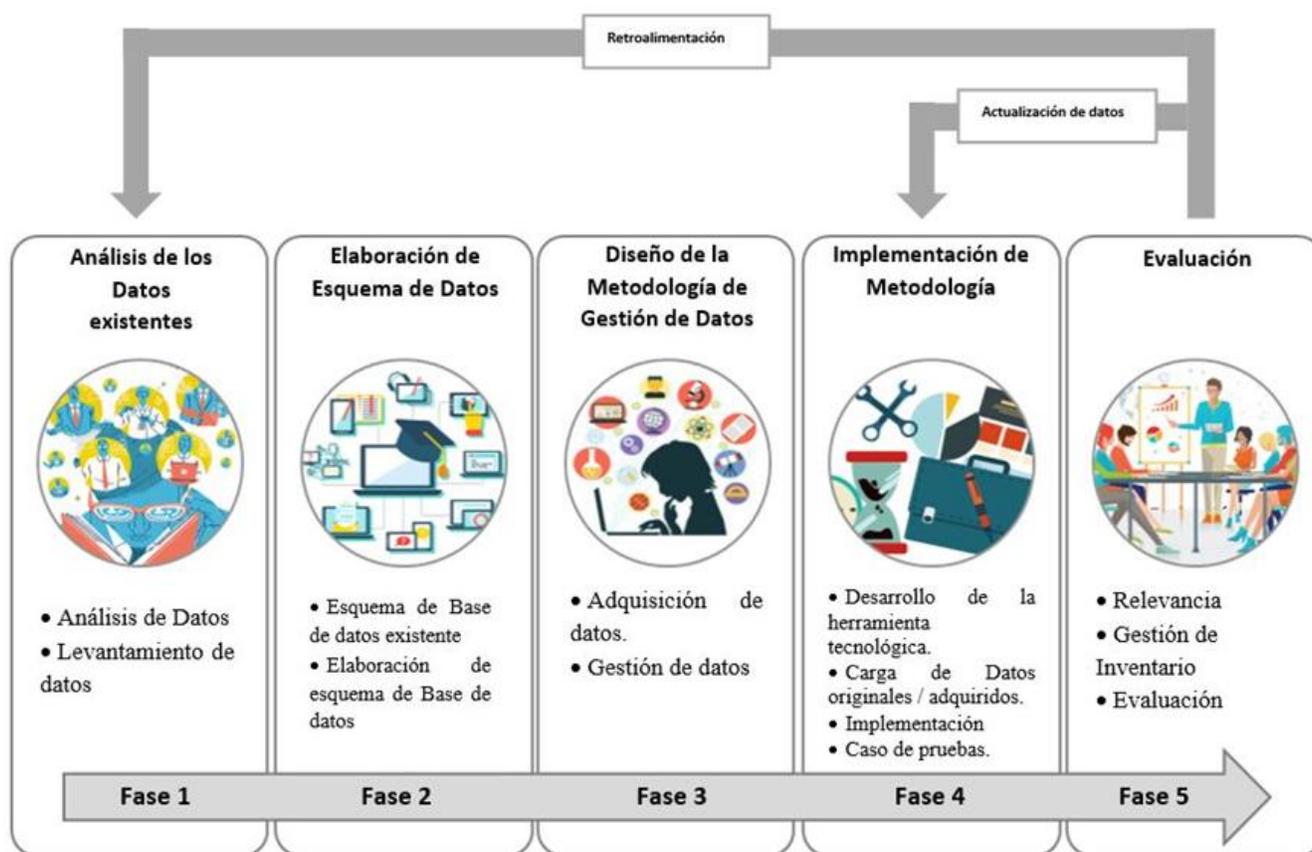


Figura 2. Diagrama de la metodología propuesta

Todas estas fases están formadas por una serie de etapas que se aplicaron durante el desarrollo de este proceso de investigación, La fase 1 *Análisis de datos existentes* tiene el propósito de documentar, almacenar y crear conclusiones e ideas en base a lo datos con los que cuenta el organismo. Para el caso en el que sea necesario recabar datos, se procederá a realizar un proceso de levantamiento de estos por medio de herramientas GPS. Esta primera fase se encuentra dividida en dos etapas, la primera “*Análisis de datos*” se enfocó en recabar y documentar todos los datos existentes de las plantas con los que cuenta el organismo y a





considerar en el inventario; en la etapa 2 “*Levantamiento de datos*” se recabó, complementó y documentó con nuevos datos reales y se actualizaron los datos ya existentes.

En la fase 2, “*Elaboración de esquema de base de datos*”, se consideraron dos opciones, en la primera existe un esquema de base de datos en el organismo y se pretende trabajar con él, se actualizará, adaptará o modificará en caso de ser necesario para que satisfaga las necesidades actuales; en la segunda no existe un esquema de base de datos en el organismo, lo que implica definir un nuevo esquema relacional con los datos y/o conceptos percibidos en el análisis y para relacionarlos entre sí y que cumplan con los requerimientos concretos solicitados. En el CES, no se contaba con uno, por lo que se procedió a la etapa “*Elaboración de esquema de base de datos*” donde se eligió un sistema de base de datos que ayude con los objetivos propuestos.

La fase 3 *Diseño de la Metodología de Gestión de Datos*, tiene como objetivo conectar la base de datos a una herramienta tecnológica que permita visualizar, agregar y actualizar los datos en caso de ser necesario. Consta de dos etapas: “*Adquisición de datos*” la cual identifica la mejor forma posible de adquirir y almacenar la información obtenida en las fases anteriores, en esta etapa es necesario identificar y elegir la base de datos en donde los datos recabados quedarán registrados y almacenados, así como la herramienta tecnológica en la que se visualizarán, una vez que se cumpla esto se debe conectar la base de datos a la herramienta tecnológica a elegir con la finalidad de que estas trabajen en conjunto; para ello es necesario definir la estructura con la cual la herramienta tecnológica estará adquiriendo nuevos datos, de ser posible, la herramienta tecnológica permitirá agregar nuevos datos a la base de datos conforme sea necesario actualizarse. En la segunda etapa, “*Gestión de datos*” se identificó la mejor herramienta



tecnológica posible para gestionar y plasmar la información; se realizó un reconocimiento base de la herramienta en cuanto a la forma en la que esta adquiere los datos.

En la fase 4, *Implementación de Metodología*, se define la herramienta tecnológica con las características y datos de interés descritos en la fase previa, totalmente funcional, para ello se consideraron 4 etapas: la primera “*Desarrollo de la herramienta tecnológica*” en la cual es posible crear una herramienta desde cero o adaptar una herramienta tecnológica existente que cumpla con los criterios definidos. Contando con esta herramienta, en la segunda etapa, nombrada “*Carga de datos originales / adquiridos*” se alimenta al esquema de base de datos con los datos obtenidos, en la tercera etapa “*Implementación*” se presentan las características de la herramienta tecnológica en un escenario real, en la etapa “*Caso de pruebas*” se desarrolló un escenario de prueba que puede medir la funcionalidad de la herramienta tecnológica a utilizar antes y después de presentarse al usuario final.

En la última fase *Evaluación* es donde se evaluarán los resultados que abarcan el cumplimiento de los objetivos iniciales, la importancia de la información recabada, mostrada y utilizada por parte del personal del centro para los fines necesarios, por ejemplo, una mejor toma de decisiones y el conocimiento real de su inventario de flora. Consta de 3 etapas, la primera “*Relevancia*” mide la satisfacción del personal del organismo y público en general mediante el uso de indicadores elegidos para tal fin, en la segunda “*Gestión de inventario*” se evaluó el inventario generado en base a su función y satisfacción dentro del organismo a partir de los datos recabados y organizados mediante una herramienta tecnológica y última “*Evaluación*” la cual proporciona los resultados obtenidos mediante las herramientas previas utilizadas. Para resolver ajustes a los datos propuestos, se presentan dos posibles niveles de ajuste y/o retroalimentación de la





metodología; la retroalimentación (Estructural) pretende realizar un cambio general en los datos, tanto en estructura como en contenido para el inventario, mientras que la actualización de datos (Superficial) que es para cambios menores en los datos ya existentes dentro de la base de datos, los cuales serán actualizados por medio de la herramienta tecnológica.

El seguimiento de esta metodología logró resolver la problemática existente y queda como base de ayuda si se desean realizar investigaciones o trabajos similares en otras entidades u organismos de características similares, no precisamente siendo particularmente de Flora.

IMPLEMENTACIÓN

Se realizaron entrevistas con los directivos y el personal de mantenimiento del CES con el propósito de identificar el o los problemas existentes. Se procedió a analizar y a recabar información, sobre todo aquella con la que se cuenta sobre las plantas de interés, uno de los responsables expresó que no se tiene información documentada que se pudiera proporcionar de inicio al proyecto, por lo que se decidió realizar un levantamiento de datos; esta fue plasmada en la tabla 1, la cual incluye las características sugeridas en investigaciones que deben tomarse en cuenta al momento de realizar un inventario florístico, en este trabajo se consultó al personal encargado del Herbario USON de la Universidad de Sonora y el representante de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).



Tabla 1. Características a tomar en cuenta en el levantamiento de datos

Lugar / Característica	Herbario	CEDES
Tipo de Flora	Forma de crecimiento: Árboles, arbustos, lianas y suculentas	Nombre científico, Nombre común
	Duración (Efímeras y perennes)	Arbusto, Árbol, Cactáceas
	Color de la Flor	Estrato alto, medio y bajo (Arborio, Arbustivo, herbacio, cubre suelos)
	Tipo de fruto	Estatus de conservación
	Época de floración	
	Nombre común / Científico	
	Estatus de protección de acuerdo a la NOM - 059	
Cantidad por Especie	Hábitat	
	Número por cada especie	Todo el Recorrido
		De 5 a 10 metros a los costados del recorrido
	Árboles y arbustos (corteza, tallo follaje)	Flor
Imágenes de la Especie	Planta: completa, acercamiento al follaje, arreglo de la hoja, forma de hoja, la flor, forma de flor, color	Árbol completo
		Detalles de la hoja
		Fruto
		Corteza
Ubicación	Coordenadas (Ciertas Especies)	Georreferenciar
Propiedades Medicinales	Por tipo de enfermedad / Respiratorios, inflamaciones, etc.	Uso normal o medicinal
	Parte usada de la planta; hoja, tallos, raíces. etc.	Usos generales
	Modo de preparación	
Mantenimiento	Tiempo	Temporada de poda
	Riegos de auxilio	Riegos de auxilio en el andador
	Remoción de plantas no nativas	
	Época de cosecha de semilla	

El gestor de base de datos utilizado para el almacenamiento de los datos que se eligió fue Google Earth, por la facilidad y compatibilidad de trabajar directamente con una gran variedad de





herramientas tecnológicas de geolocalización, además, dentro de este gestor, existe la posibilidad de compartir la base de datos creada en base a la información alimentada a través de la exportación de archivos de lenguaje de marcado de keyhole (KML), los cuales son comúnmente utilizados para almacenar datos geográficos; se exportó un archivo KML a través de Google Earth el cual contenía el diseño de la estructura y jerarquización de los datos mostrados como ejemplo en la tabla 2.

La tabla 2 plasma la información general tanto de nombre común, científico, familias, propiedades medicinales, etc. de la flora que fue recolectada en el levantamiento de ubicaciones; la principal función de esta tabla es facilitar la información al organismo sobre los diferentes estatus de protección de las especies pertenecientes a él, en especial, las que cuentan con estatus de “Amenazada”, para apoyar al mantenimiento, cosecha de semilla y riegos a estas especies para su extensión de vida y reproducción dentro del parque.

Posteriormente se utilizó la herramienta tecnológica Google My Maps, la cual es un ambiente donde se diseñó y se creó un mapa, en base a los datos importados de la base de datos de Google Earth.



Tabla 2. Muestra de las características de las 4 plantas más comunes del área

Id	5	20	24	66
Nombre Común	Palo Verde	Pitahaya	Guayacan	Mezquite
Nombre Científico	<i>Parkinsonia Microphylla</i>	<i>Stenocereus Thurberi</i>	<i>Guaiacum Coultieri</i>	<i>Prosopis Glandulosa</i>
Familia	Fabaceae	Cactaceae	Zygophyllaceae	Fabaceae
Uso Medicinal	Tradicionalmente las hojas, flores y semillas en infusión se consideran medicinales y tienen propiedades antifebriles, sudorificas, antipaludicas y reconstituyentes. Asimismo, con las hojas y la corteza se elabora un jarabe contra la tos y la fiebre.	Para la diabetes se exprime savia en un vaso, se agrega agua y se toma como agua de uso; para picaduras de animal, llagas y heridas se pone a calentar a las brasas una rebanada del tallo y se coloca amarrada con una venda sobre la parte lastimada, para picadura de vibora se cortan dos a tres puntas de tallo, se dejan reposar de 10 a 15 minutos, se parten a la mitad y se ponen en la picadura; se calientan trozos de tallo, se envuelven en un trapo y se colocan sobre la parte dolorida del cuerpo.	El guayacan como planta medicinal es utilizado para el resfrio, afecciones renales, y reumáticas; fiebre. Dolores por golpes y contusiones.	Tratamientos para la diabetes, enfermedades del sistema digestivo, parasitosis, enfermedades eruptivas, coadyuvante en casos de malestar general, calculos renales y cancer.
Estado de Conservación	LC	LC	A	LC
Temporada de Poda	Poda sistemática de sus ramas más bajas (Cuando sea Necesario)	N/A	En Cualquier Momento (Preferente en primavera)	Depende de la condicion del arbol (Es posible eliminar ramas largas, muertas y danadas).
Epoca de Cosecha de Semilla	Entre Mayo y Junio	Junio - Julio	Primavera	Julio - Septiembre
Riegos de Auxilio	De ser necesario	N/A	De ser necesario	De ser necesario
Latitud	29.0190983	29.01937525	29.01946335	29.01744225
Longitud	-110.9479236	-110.9488933	-110.9489928	-110.9504463





Una vez llevados a cabo los pasos anteriores, como requisito se debe tener una cuenta de correo del proveedor de servicios Google, para poder vincular el nuevo mapa con el CES. En el mapa, se podrá observar la información completa, la cual podrá también administrarse por parte del personal asociado, pudiendo cargar nuevas imágenes a las plantas definidas, editar la información existente y hasta realizar búsquedas de las plantas de interés. El mapa final obtenido se muestra en la figura 3.

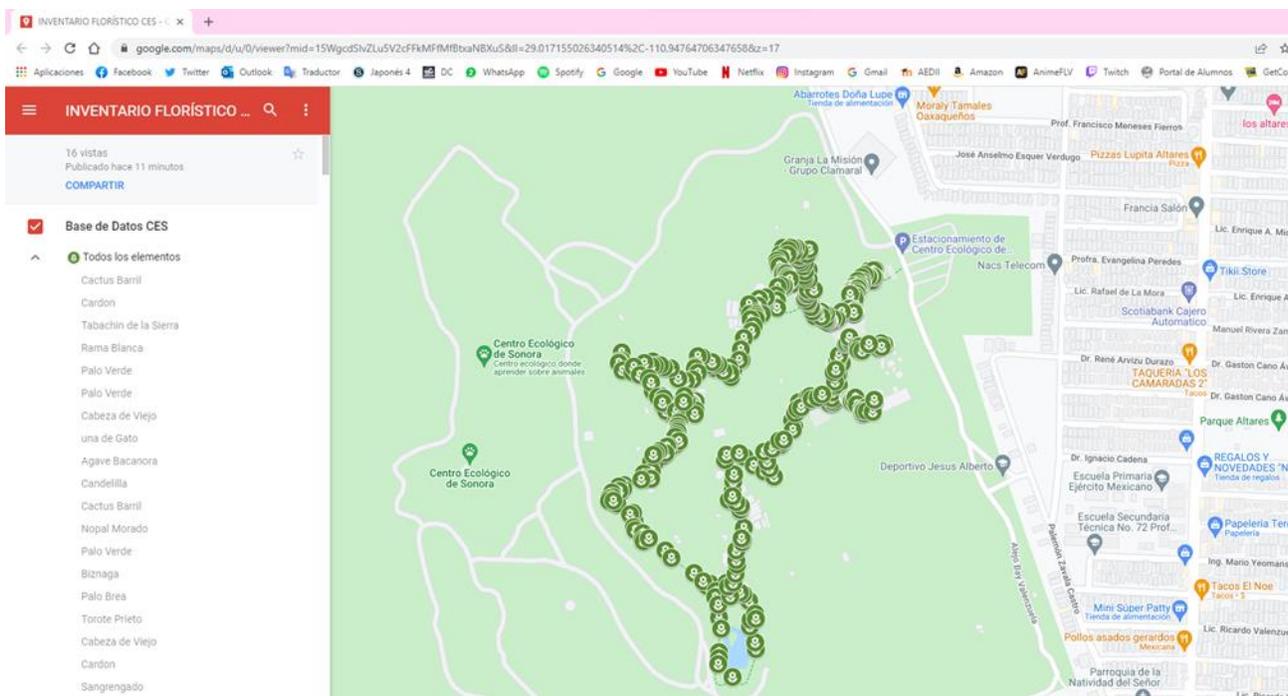


Figura 3. Inventario Florístico del Centro Ecológico de Sonora proyectado en la Herramienta Google Maps (Elaboración propia).

Este mapa permite al usuario tener la posibilidad de visualizar todo el inventario de la flora perteneciente al CES distribuidas por todo el sendero turístico, si se desea conocer las



características de una en específico, basta con realizar un acercamiento y hacer clic sobre la planta de interés.

El paso final es compartirlo con los diferentes usuarios para que estos puedan visualizarlo mediante la aplicación móvil “Google Maps”. Para lograr esta tarea, la herramienta Google My Maps presenta la opción de compartir mapa, que mediante el uso de esta opción se crea un vínculo en forma de link el cual da acceso a su visualización.

En la figura 4, se muestra una representación del mapa mediante el acceso desde una computadora de escritorio, el visitante tiene la posibilidad de visualizar todo el inventario de las plantas pertenecientes al CES y cómo están distribuidas por todo el recorrido, así mismo, en la parte lateral izquierda se mostrarán reflejadas todas las características almacenadas en la base de datos de la planta seleccionada.

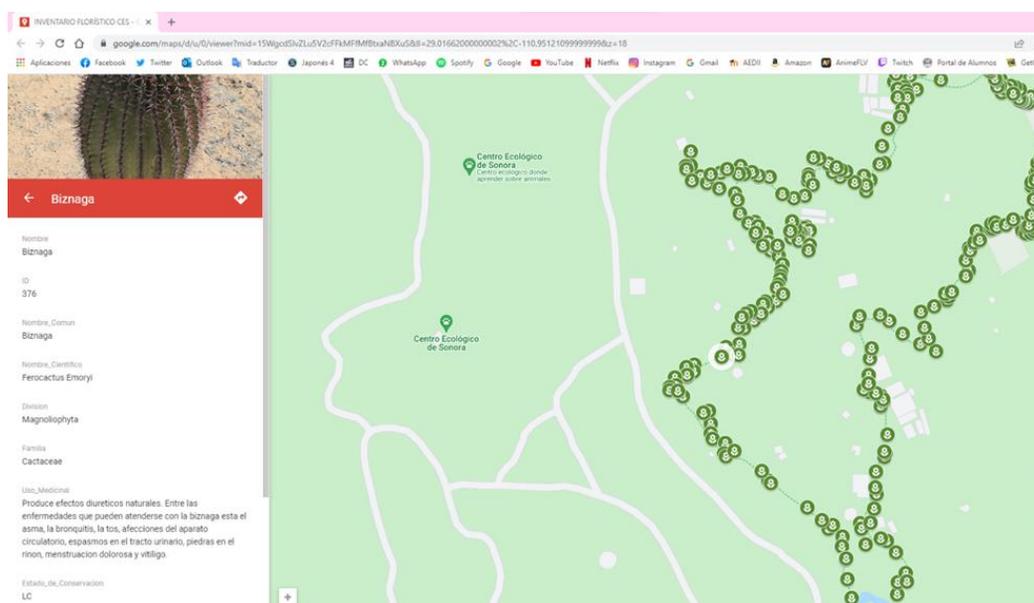


Figura 4. Características de la planta de interés al seleccionarse en el mapa (Elaboración propia).





Esta herramienta también proporciona la opción de búsqueda, en el caso de que se tenga la necesidad de realizar una búsqueda específica de una especie, colocando el nombre en el buscador superior izquierdo encontrado en la herramienta.

Finalmente, el link generado a partir de Google My Maps fue probado y verificado en computadoras de escritorio, tablets y celulares inteligentes para verificar que todo funcionara de manera correcta, se hizo hincapié en los dispositivos móviles, ya que hoy en día son esenciales y prácticos, en este caso particular, el mapa puede ser visualizado por todo visitante del organismo que cuente con un dispositivo celular que tenga la aplicación Google Maps, el dispositivo es fácil de llevar a los diferentes sitios del parque y es posible consultar el inventario florístico en cualquier momento.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La investigación se desarrolló por la necesidad del CES de tener un mejor control de la ubicación y mantenimiento de sus plantas. Se diseñó e implementó una metodología para la gestión de inventarios que permitió fácil ubicación de flora de interés situada a lo largo de todo el recorrido principal del centro de tal forma que la información incluida ayude a tomar las decisiones adecuadas, visualizar la información existente y facilitar el acceso a la información tanto para el personal trabajador del CES como para el público en general al proporcionar un atractivo turístico más por medio de la herramienta tecnológica Google Maps y mediante el gestor de base de datos Google Earth (ambos 100% compatibles, adaptables y eficientes a la metodología), se consideró la utilización de herramientas comunes las cuales toda persona pudiera tener acceso para no complicar el proceso.



El análisis de la ubicación y/o distribución de la flora endémica existente y esparcida por el recorrido, se obtuvo gracias a la utilización de una herramienta GPS de alta precisión brindada por la Universidad de Sonora, así como la ayuda de personal capacitado para su debida utilización; todo esto permitió obtener las ubicaciones de la flora mediante sus coordenadas con márgenes de error milimétricos.

Se obtuvieron algunos resultados cuantitativos importantes como el número de las especies registradas, número de especies con estatus de protección “Amenazada”, la ubicación de las plantas por medio de coordenadas; y cualitativos como las diferentes familias a las que pertenecen cada especie, su nombre científico y común, además de las diferentes propiedades medicinales que posee cada planta.

El beneficio social obtenido, se ha visto reflejado en resultados de una encuesta aplicada al público en general mediante la escala de Likert , donde de 98 personas entrevistadas, un total de 82 personas le parece muy interesante la información, a 14 le parece interesante pero pueden presentar alguna vulnerabilidad o insatisfacción en la información plasmada y a 2 personas se encuentran en el punto medio entre totalmente de acuerdo y totalmente en desacuerdo en cuanto lo interesante de la información, lo que indica que esas personas están insatisfecha con algunas características. Se colocó una lona de difusión publicitaria en el CES para que la población en general, estudiantes en particular e interesados en áreas biológicas o medicinales al realizar una visita para la visualización en vivo y puesta en práctica del aprendizaje de la flora de la región mediante la implementación de este inventario, la cual contiene códigos QR de acceso a la descarga del mapa y a la encuesta de evaluación del mapa e información generada.





Referencias

- [1] Weather Channel. (2021). “National and Local Weather Radar, Daily Forecast, Hurricane and Information from the Weather Channel and Weather.com.” The Weather Channel. 2021. <https://weather.com/?Goto=Redirected>.
- [2] C. K. M. Lee, Y. Lv, K. K. H. Ng, W. Ho, y K. L. Choy, “Design and application of internet of things-based warehouse management system for smart logistics,” *Int J Prod Res*, vol. 56, no. 8, pp. 2753–2768, Oct. 2018, [doi: 10.1080/00207543.2017.1394592](https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592).
- [3] O. E. Murillo G, M. J. Bedoya, J. H. Velandia-Perilla, y A. P. Yusti-Muñoz, “Riqueza de especies, nuevos registros y actualización del listado taxonómico de la comunidad de murciélagos del Parque Nacional Natural Gorgona, Colombia,” *Rev Biol Trop*, vol. 62, no. 1, pp. 407–417, 2014, [Online]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000500030
- [4] I. Perez, A. Cifuentes-Laguna, C. Vásquez-García, y D. Marcela-Ocampo, “Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios,” *Ingeniería Industrial*, vol. 34, pp. 227–236, Ago. 2013.
- [5] I. Abushaikha, L. Salhieh, y N. Towers, “Improving distribution and business performance through lean warehousing,” *International Journal of Retail and Distribution Management*, vol. 46, no. 8, pp. 780–800, Oct. 2018, [doi: 10.1108/IJRDM-03-2018-0059](https://doi.org/10.1108/IJRDM-03-2018-0059).
- [6] G. Ongo y G. P. Kusuma, “Hybrid Database System of MySQL and MongoDB in Web Application Development,” in *2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 2018, pp. 256–260. [doi: 10.1109/ICIMTech.2018.8528120](https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528120).



- [7] Sisense, “Relational Database,” 2021. [https://www.sisense.com/glossary/relational-database/#:~:text=A%20relational%20database%20management%20system%20\(RDBMS%20or%20just%20RDB\)%20is,flat%20file%20or%20hierarchical%20database.](https://www.sisense.com/glossary/relational-database/#:~:text=A%20relational%20database%20management%20system%20(RDBMS%20or%20just%20RDB)%20is,flat%20file%20or%20hierarchical%20database.) (Sep. 07, 2021).
- [8] M. M. Eyada, W. Saber, M. M. El Genidy, y F. Amer, “Performance Evaluation of IoT Data Management Using MongoDB Versus MySQL Databases in Different Cloud Environments,” IEEE Access, vol. 8, pp. 110656–110668, 2020, [doi: 10.1109/ACCESS.2020.3002164](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002164).
- [9] P. Besse, Molecular Plant Taxonomy: Methods and Protocols, 2nd ed., vol. 2222. Springer US, 2021. [doi: 10.1007/978-1-0716-0997-2](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0997-2).
- [10] M. Ohl, “Principles of Taxonomy and Classification: Current Procedures for Naming and Classifying Organisms,” in Handbook of Paleoanthropology, I. Henke Winfried and Tattersall, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp. 213–236. [doi: 10.1007/978-3-642-39979-4_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39979-4_4).
- [11] V. Mohan. “Using global positioning system technology and Google My Maps in follow-up studies – An experience from influenza surveillance study, Chennai, India,” Spat Spatiotemporal Epidemiol, vol. 32, p. 100321, Dic. 2019, [doi: 10.1016/j.sste.2019.100321](https://doi.org/10.1016/j.sste.2019.100321).
- [12] J. González-Jiménez. “Localización de vehículos utilizando tecnología UWB y GPS en entornos interiores y exteriores (in Spanish),” Feb. 2007.
- [13] A. y B. R. y B. A. y T. G. Radicioni Fabio y Stoppini, “GNSS Network RTK for Automatic Guidance in Agriculture: Testing and Performance Evaluation,” in Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020, B. and M. S. and G. C. and B. I. and T. D. and A. B. O. and R. A. M. A. C. and T. E. y T. C. M. and K. Y. Gervasi Osvaldo and Murgante, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 19–35.





- [14] D. Denis Àvila, D. Cruz Flores, Y. Ferrer-Sánchez, y F. Felipe Tamé, “Potencialidades de los celulares inteligentes para investigaciones biológicas. Parte 2: Receptores GPS/GNSS // Potentials of smartphones for biological researches. Part 2: GPS/GNSS receivers,” vol. 42, pp. 209–216, Feb. 2021.
- [15] J. Zidan, E. I. Adegoke, E. Kampert, S. A. Birrell, C. R. Ford, y M. D. Higgins, “GNSS Vulnerabilities and Existing Solutions: A Review of the Literature,” IEEE Access, vol. 9, pp. 153960–153976, 2021, [doi: 10.1109/ACCESS.2020.2973759](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973759).
- [16] N. Aykut, E. Gülal, y B. Akpınar, “Performance of single base RTK GNSS method versus network RTK,” Earth Sciences Research Journal, vol. 19, pp. 135–139, Ene. 2015, [doi: 10.15446/esrj.v19n2.51218](https://doi.org/10.15446/esrj.v19n2.51218).
- [17] A. C. Hill, F. Limp, J. Casana, E. J. Laugier, y M. Williamson, “A New Era in Spatial Data Recording: Low-Cost GNSS,” Advances in Archaeological Practice, vol. 7, no. 2, pp. 169–177, 2019, [doi: 10.1017/aap.2018.50](https://doi.org/10.1017/aap.2018.50).
- [18] “Sistema GNSS Trimble R4.” Ene. 2020. [Online]. Disponible en: <https://igeomexico.com/producto/sistema-gnss-trimble-r4/>
- [19] D. Z. H. Arenga, J. C. Dela Cruz, F. M. A. Lorilla, y P. A. Tangian, “Cloud-Based Flora Repository System with Geo-Location Mapping for Mt. Hamiguitan Sanctuary Exploration,” in 2018 IEEE Region Ten Symposium (Tensymp), 2018, pp. 51–56. [doi: 10.1109/TENCONSpring.2018.8692056](https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2018.8692056).
- [20] O. Mutanga y L. Kumar, “Google Earth Engine Applications,” Remote Sens (Basel), vol. 11, p. 591, Mar. 2019, [doi: 10.3390/rs11050591](https://doi.org/10.3390/rs11050591).



- [21] C. Bauer, "On the (In-)Accuracy of GPS Measures of Smartphones: A Study of Running Tracking Applications," in ACM International Conference Proceeding Series, Feb. 2013. [doi: 10.1145/2536853.2536893](https://doi.org/10.1145/2536853.2536893).
- [22] N. Vallina-Rodriguez, J. Crowcroft, A. Finamore, Y. Grunenberger, y K. Papagiannaki, "When Assistance Becomes Dependence: Characterizing the Costs and Inefficiencies of A-GPS," SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev., vol. 17, pp. 3–14, Feb. 2013, [doi: 10.1145/2557968.2557970](https://doi.org/10.1145/2557968.2557970).
- [23] M. Bierlaire, J. Chen, y J. Newman, "A Probabilistic Map Matching Method for Smartphone GPS data," Transp Res Part C Emerg Technol, vol. 26, pp. 78–98, Feb. 2013, [doi: 10.1016/j.trc.2012.08.001](https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.08.001).
- [24] P. Zandbergen, "Accuracy of iPhone Locations: A Comparison of Assisted GPS, WiFi and Cellular Positioning," Transactions in GIS, vol. 13, pp. 5–25, Feb. 2009, [doi: 10.1111/j.1467-9671.2009.01152.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2009.01152.x).
- [25] P. Zandbergen y S. Barbeau, "Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones," Journal of Navigation, vol. 64, pp. 381–399, Feb. 2011, [doi: 10.1017/S0373463311000051](https://doi.org/10.1017/S0373463311000051).
- [26] I. Massad y S. Dalyot, "Towards the Crowdsourcing of Massive Smartphone Assisted-GPS Sensor Ground Observations for the Production of Digital Terrain Models," Sensors (Basel), vol. 18, Feb. 2018, [doi: 10.3390/s18030898](https://doi.org/10.3390/s18030898).
- [27] F. E. Wildermuth Dennis y Schneider, "A Validation of Localisation Accuracy Improvements by the Combined Use of GPS and GLONASS," in Towards Autonomous Robotic Systems, L. and





M. C., W. M., P. T. J. y P. J. Groß Roderich y Alboul, Ed., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 374–375. [doi: 10.1007/978-3-642-23232-9_34](https://doi.org/10.1007/978-3-642-23232-9_34).

[28] L. Steiner, M. Meindl, C. Marty, y A. Geiger, “Impact of GPS Processing on the Estimation of Snow Water Equivalent Using Refracted GPS Signals,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 58, no. 1, pp. 123–135, Ene. 2020, [doi: 10.1109/TGRS.2019.2934016](https://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2934016).

[29] D. Pacheco y L. Avila, “EJE 04-02 Inventario de parques y jardines de la ciudad de Cuenca con UAV y smartphones,” *Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay*, vol. 1, no. XVI, pp. 173–179, Nov. 2017, [Online]. Disponible en: <http://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/memorias/article/view/61>

[30] F. Fajardo-Gutiérrez, “Inventario de la flora vascular de Bogotá DC, Colombia,” vol. 21, pp. 25–57, Dic. 2020, [doi: 2745-0236](https://doi.org/10.2745-0236).

[31] H. Ávila-González, J. G. González-Gallegos, I. L. López-Enríquez, L. Ruacho-González, J. Rubio-Cardoza, y A. Castro-Castro, “Inventario de las plantas vasculares y tipos de vegetación del Santuario El Palmito, Sinaloa, México,” *Bot Sci*, vol. 97, no. 4, pp. 789–820, Dic. 2019, [doi: 10.17129/botsci.2356](https://doi.org/10.17129/botsci.2356).

[32] M. Mesquita, “The use of geotechnologies for the identification of the urban flora in the city of Teresina, Brazil,” *Urban Ecosyst*, Oct. 2021, [doi: 10.1007/s11252-021-01153-z](https://doi.org/10.1007/s11252-021-01153-z).

Cómo citar este artículo:

Ochoa-Hernández, J. L., Canizales Dessens, J. G., & Barceló-Valenzuela, M. (2023). Desarrollo de una metodología para la gestión de inventarios de flora. *EPISTEMUS*, 17(35). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i35.312>

